



Compartimentação Morfopedológica como Subsídio ao Planejamento do Uso da Terra das Bacias dos Rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás

Partitioning Morphopedological as Allowance to Land Use Planning of the Watershed from Claro and Bois Rivers, State of Goiás

Maria Gonçalves da Silva Barbalho

Centro Universitário de Anápolis
(PPSTMA/UniEVANGÉLICA)

mariabarbalho2505@gmail.com

Selma Simões de Castro

IESA/UFG – LABOGEF -
Laboratório de Geomorfologia,
Pedologia e Geografia Física.

selma.castro@uol.com.br

BARBALHO, Maria G. S.; CASTRO, Selma S.. Compartimentação Morfopedológica como Subsídio ao Planejamento do Uso da Terra das Bacias dos Rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás. *FRONTEIRAS: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, Anápolis-Goiás, v.3, n.2, jul.-dez. 2014, p.111-131.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise ambiental e dos conflitos de uso da terra das bacias dos rios Claro e dos Bois, integrantes da alta bacia do rio Araguaia, estado de Goiás, a partir da compartimentação morfopedológica, de modo a identificar os compartimentos mais suscetíveis à ocorrência dos processos erosivos lineares, interpretando as possíveis causas. Utilizou-se análise integrada das principais variáveis da paisagem, ponderando-se a incidência das erosões lineares (ravinas e voçorocas) em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e o padrão de drenagem, a partir de correlação espacial com base em sensoriamento remoto e geoprocessamento, em escala de detalhe. Foram delimitados 4 (quatro) compartimentos morfopedológicos e 395 focos erosivos hídricos lineares de médio e grande porte. A correlação entre os compartimentos e a distribuição dos focos erosivos permitiu constatar que o Compartimento MP-1, situado a sudeste da área, representa o quadro mais grave, por concentrar 42,78% do número total de focos, seguido do MP III na porção centro-oeste com 37,22%, do MP IV e do MP II, respectivamente com 11,14% e 8,86% dos focos que se localizam nas porções sul e noroeste da área. Tais resultados permitem selecionar os dois primeiros como áreas preferenciais de ações de controle do processo erosivo.

Palavras-Chave: Erosão; Assoreamento; Análise Integrada da Paisagem; Alta Bacia do Rio Araguaia.

Abstract

This study aimed to perform an environmental and land use conflicts basins of Claro and Bois course, members of the upper basin of the Araguaia River, state of Goiás analysis from morphopedological compartments in order to identify the compartments more susceptible to the occurrence of linear erosion, interpreting the possible causes. We used integrated analysis of the main variables of the landscape, considering the incidence of linear erosions (ravines and gullies) in relation to geological, geomorphological factors and drainage patterns from spatial correlation based on remote sensing and GIS, scale detail. 4 (four) morphopedological compartments and 395 water erosion gullies linear medium and large were delimited. The correlation between the compartments and the distribution of erosion gullies allowed to establish that the MP-I compartment, located southeast of the area, is the most severe form, by concentrating 42.78% of the total number of outbreaks, followed by MP III on the portion Midwest with 37.22%, the IV MP II and MP, respectively with 11.14% and 8.86% of outbreaks that are located in southern and northwestern portions of the area. These results allow you to select the first two as preferred areas of actions to control erosion.

Keywords: Erosion; Silting; Integrated Analysis of Landscape; Upper Araguaia River Basin.

O padrão de uso e manejo das terras da região do Cerrado nos últimos 40 anos relaciona-se, em larga medida, os impactos ambientais que ocorrem nesse bioma, sobretudo as taxas de desmatamento e suas consequências ambientais. Alguns processos se destacam como arenização, erosão laminar e linear, assoreamento das encostas, dos fundos de vales e dos reservatórios naturais nos terrenos mais frágeis, bem como a poluição dos solos e das águas, refletindo tipologias e estágios diversos de degradação do meio físico e biótico, associados a ambientes muito diferentes dos originais (Machado et al. 2008; Sano et al. 2008; Santana et al. 2007; Faria 200; Silva 2006; Castro 2005; Xavier et al. 2005; Marinho e Castro 2003; Barbalho et al. 2001).

Esse processo intensificou-se a partir da década de 1970, quando o governo federal implementou uma série de programas a fim de promover o desenvolvimento econômico da região Centro-Oeste e sua integração com o sistema produtivo, como o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados - PRODECER e o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados - POLOCENTRO (Ministério da Agricultura 1975). Nesses programas se destacam a instalação de infraestrutura, como estradas e energia, para facilitar a produção e o seu escoamento visando à exportação nacional e internacional, os incentivos fiscais e as políticas creditícias para atrair os produtores, bem como a difusão de novas técnicas agrícolas, ditas modernas, relacionadas

à forte mecanização e aplicação de insumos e defensivos agrícolas e pecuários, além do melhoramento genético de espécies dirigidas ao aumento da produção e da produtividade agropecuária, particularmente a soja, milho, algodão e gado (este, sobretudo para corte) são os produtos-chave transformados em *commodities* e destinados principalmente ao mercado externo.

Essas novas técnicas de manejo permitiram a adaptação dos solos dos Cerrados ao cultivo intensivo, transformando a região num dos maiores produtores de grãos do país, sobretudo de soja e milho, destinados à exportação. Essa mudança estrutural da agricultura consolidou a agroindústria que processa e transforma as matérias primas agropecuárias e das agroindústrias de alimentos para oferta de bens finais, no que se caracteriza como integração vertical e depois horizontal (Kageyama et al. 1990) no processo de modernização da agricultura à medida em que ocorre a expansão da fronteira agrícola (Miziara & Ferreira 2008; Klink & Machado 2005).

Apesar desse impacto positivo na economia, a nova fronteira agrícola, causou vários desequilíbrios que culminaram na degradação do meio ambiente (Cunha 1994; Novaes Pinto 1993) notadamente em comparação da rapidez dos desmatamentos muitas vezes indiscriminados (Ferreira et al. 2008; Castro 2005).

Esse tipo de ocupação rápida das terras é conhecido como fronteira agrícola que apresenta potencial para o desenvolvimento das atividades econômicas e se caracteriza como frentes de atividades que avançam e se retraem no seu interior, podendo gerar impactos expressivos nas condições originais do espaço potencial (Muller 1992; Sawyer Donald 1983). A apropriação, o uso e manejo de uma região objeto de fronteira agrícola não é linear, embora seja concentrada no tempo e no espaço. Assim, a ocupação do Cerrado durante o processo relatado, além de relacionada a uma nova fronteira agrícola, foi também do sul para o norte e o oeste, visto que os ocupantes eram procedentes geralmente do sul e sudeste do país e que o Cerrado se estendia a oeste e noroeste, sobre as chapadas (Gomes & Teixeira Neto 1993). Nesse percurso, as áreas mais frágeis, com menor aptidão agrícola e mesmo áreas protegidas por lei, nem sempre foram respeitadas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi elaborar o mapa de compartimentação morfopedológica das bacias dos rios Claro e dos Bois, alta bacia do rio Araguaia, estado de Goiás, representativa do processo relatado, de modo a identificar os mais suscetíveis à ocorrência dos processos erosivos e suas relações com o uso das terras, de modo a interpretar as possíveis causas da erosão constatada. Para tanto, foi utilizada análise integrada de componentes da paisagem, ponderando-se a incidência das erosões lineares (ravinas e voçorocas), em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e ao padrão de drenagem, a partir da correlação desses componentes,

com base em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, em escala de detalhe, possível graças à disponibilização das imagens de alta resolução.

Tais ferramentas são essenciais em trabalhos dessa natureza, principalmente a partir dos novos sensores, em função de suas superiores resoluções geométrica e temporal, que abriram novas possibilidades para obtenção desses dados (Blaschke & Kux 2005). Neste aspecto, a utilização das imagens de alta resolução disponibilizadas pela *Google Earth*, auxilia na interpretação da verdade terrestre, uma vez que permitem a ampliação da escala para a identificação pontual e detalhada dos objetos e/ou fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, no caso específico os focos erosivos lineares e de assoreamento.

Nesse sentido, a geocartografia baseada no método de superposição de mapas para fins de correlação espacial vem sendo utilizada, discutida e aperfeiçoada há algum tempo, e segundo alguns pesquisadores, além de ganhos em termos de recursos e tempo, possibilita o rápido e eficaz diagnóstico do meio físico, particularmente face à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas), aonde vem sendo aplicada com inúmeras vantagens em relação a outros métodos utilizados. É indicada para estudos detalhados em grandes e médias escalas, idealmente até 1: 100.000 (Castro & Salomão 2000; Tricart & Kilian 1982).

A inter-relação dos condicionantes do meio físico (geologia, geomorfologia e solos) imprime diferenças marcantes nas paisagens (Christofolletti 1999; Tricart & Kilian 1982; Bertrand 1968), possibilitando não só a delimitação das áreas homogêneas, que Castro & Salomão (2000) chamaram de compartimentos morfopedológicos, como a identificação dos sistemas pedológicos próprios de cada um, de modo a identificar os mais suscetíveis à ocorrência dos processos erosivos, como um melhor entendimento sobre evolução desses fenômenos (Salomão 1999).

Salomão (1994) já havia testado essa mesma abordagem no Platô de Bauru, em Bauru (SP), como forma de subsidiar as medidas de controle desses processos, aplicando-a a generalização cartográfica, onde mapas como o de sistemas pedológicos e de restrição ao uso e ocupação dos solos tornaram-se instrumentos para as ações preventivas de controle de erosão pela Prefeitura daquele município.

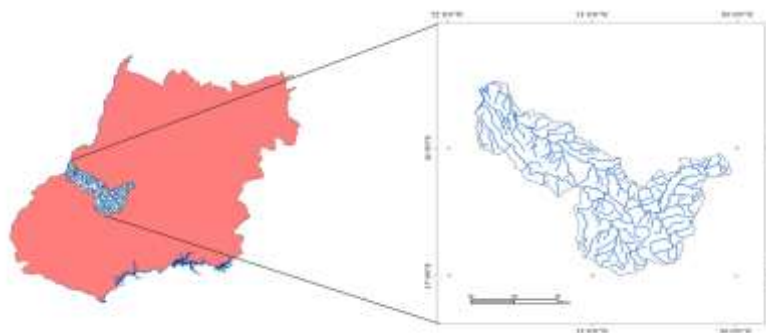
Barbalho (2002) utilizou essa mesma abordagem para identificar e cartografar o setor sul da alta bacia do rio Araguaia, onde se aloja a sua nascente, quanto aos compartimentos do meio físico e interpretá-los em relação às suas interações produzidas pela integração de seus componentes, o substrato geológico, o relevo, o solo, a utilização da terra e seu comportamento em relação aos processos erosivos lineares. Esse trabalho foi aprimorado por Xavier (2003), que adotou

os compartimentos morfopedológicos como unidades de planejamento, e, mais tarde, Oliveira & Castro (2006) caracterizaram os perfis morfopedológicos representativos de cada um. O conjunto desses trabalhos permitiu avançar no sentido de reconhecer que os compartimentos mais suscetíveis à erosão apresentavam como substrato mais suscetível os arenitos eólicos da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná, associados à Neossolos Quartzarênicos órticos e hidromórficos, em relevos suaves colinosos amplos, com rampas longas.

Área de Pesquisa

As bacias dos rios Claro e dos Bois possuem juntas uma área de aproximadamente 12.100 km² e se localizam entre as coordenadas geográficas de 17° 01'23" e 15° 22'07" de latitude sul e entre 51° 58'18" a 49° 54'34" de longitude oeste (Figura 1), no estado de Goiás.

Figura 1: Localização das bacias dos rios Claro e dos Bois, no Estado de Goiás.

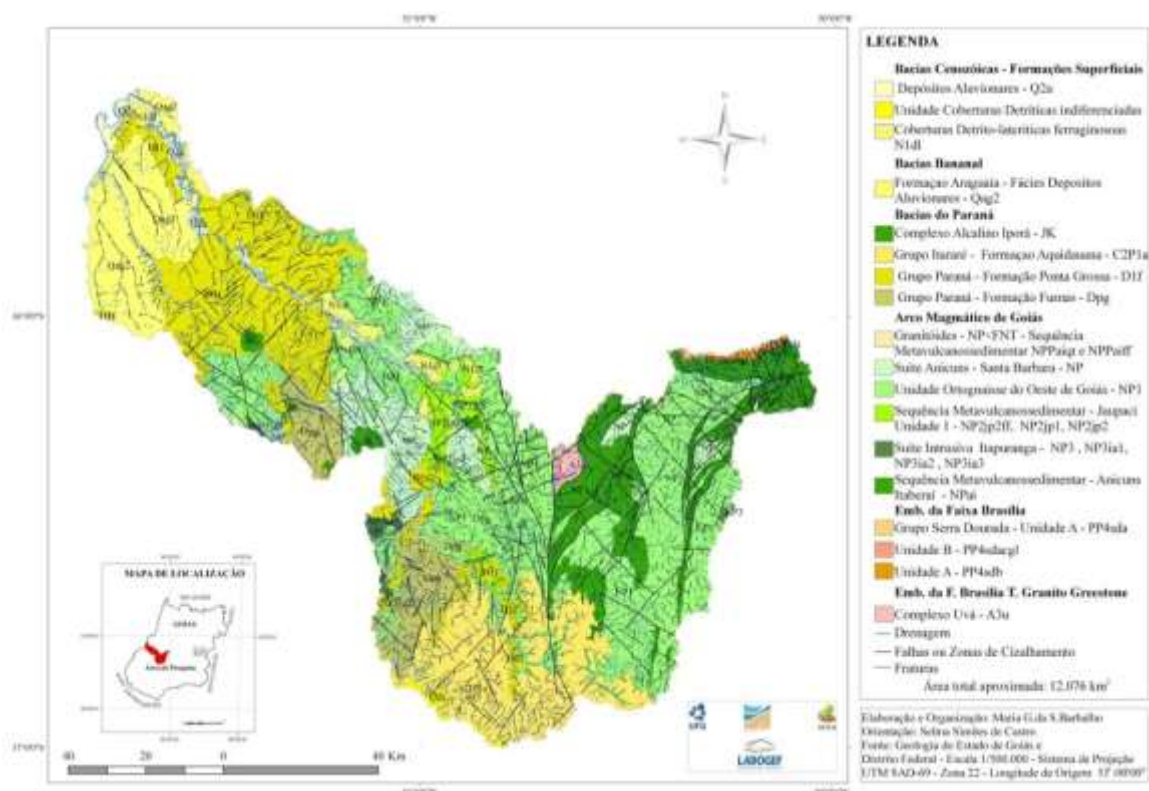


Fonte: O Autor.

O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente subúmido (Aw), que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas e contrastadas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno (abril-setembro) e a outra úmida de primavera-verão (outubro-março), e temperaturas médias anuais de 23°C, caracterizando forte sazonalidade e intensidade elevada de chuvas concentradas no verão (De-Campos et al. 2001).

Dominam as coberturas do bioma Cerrado onde, a partir da interpretação das imagens de satélite LANDSAT MSS (1975) (Barbalho & Castro, 2010) foram originalmente identificadas Formações Savânicas através do Cerrado sentido restrito; Formações Florestais através das Matas Ciliares e Mata Galeria e Formações Campestres representados pelos Campos Úmidos, de acordo com a classificação de Ribeiro & Walter (1998). Segundo estes autores, dentre as subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, foram identificadas na área o Cerrado Denso, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre.

Figura 2: Mapa geológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.



Fonte: O Autor.

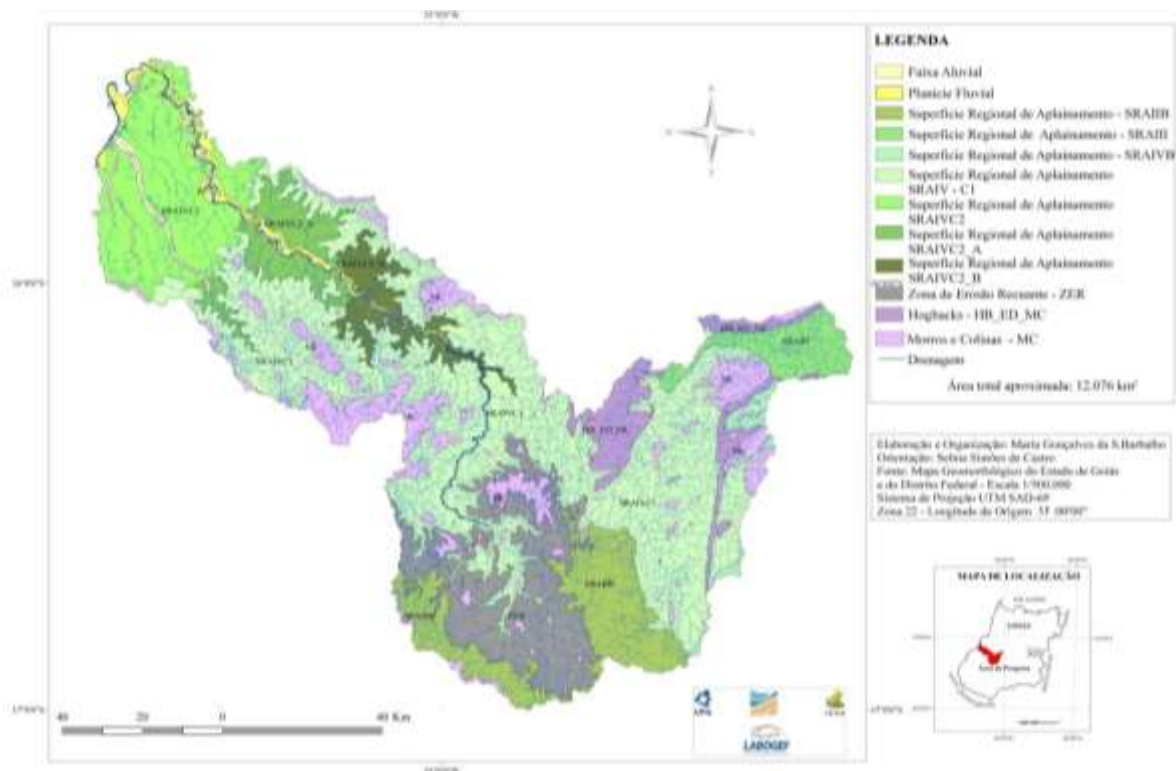
As litologias são bastante diversificadas, compondo grosso modo dois conjuntos, o do Embasamento Cristalino, concentrado ao sul e a Bacia Sedimentar do Paraná, ao norte. No primeiro, situado na parte leste e centro da área, está inserida na Província do Tocantins, que é uma unidade tectônica Neoproterozóica (Delgado et al. 2003), correspondente às rochas mais antigas de Goiás. Esta província foi dividida por Lacerda Filho & Frasca (2008), nas faixas Brasília, Araguaia e Paraguai. Das unidades que compõem a faixa Brasília, dominantes na área de pesquisa, ocorrem litologias dos complexos Granito-Gnaíssico, Greestone Belts e incluem suítes gabro-dioríticas, intrusões graníticas e diques máfico-ultramáficos; e litologias do Arco Magmático de Goiás que é composto por rochas graníticas sintectônicas, sequência metavulcanossedimentar e granitos sin a tardi e pós-tectônicos. A Bacia Sedimentar do Paraná Bacia do Paraná domina as porções centro-norte da bacia, correspondendo a quase 35% da área total. É constituída pela Formação Furnas, composta por arenitos esbranquiçados a róseos, feldspáticos ou caoliníticos; pela Formação Ponta Grossa que é composta por folhelhos cinza a marrom-avermelhados intercalados de arenitos brancos a marrons ou esverdeados, finos a muito finos, micáceos e feldspáticos finamente estratificado; pela Formação Aquidauana, composta de arenitos médios a grossos, friáveis, às vezes feldspáticos, associados à siltitos e argilitos intercalados, de ambiente fluvial e lacustre onde a presença de diamictitos sugere a influência glacial; pelo Complexo Alcalino Iporá que compreende

pequenas intrusões na Formação Furnas compostas por dunitos, peritoditos, piroxênios, serpentinitos, gabros, sienogabros, nefelina sienitos, silexistos, carbonatitos, kimberlitos e laprófilos.

Apresenta, ainda, áreas com coberturas cenozóicas da Formação Araguaia composta de conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguido de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltsosas de granulometria e coloração variadas (Lacerda Filho & Frasca, 2008), e as Formações Superficiais, mais recentes, estão representadas: pelas Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas que compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e lateritos autóctones, com carapaças ferruginosas do Terço-Quaternário; pelos Depósitos aluvionares que compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas e grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso, além de turfa, do Quaternário, que ocorrem na porção norte da bacia e correspondem a 4,34% do total (Figura2).

O relevo é caracterizado pela predominância de formas denudacionais (Latrubesse e Carvalho, 2006), ou seja, residuais erosivas, onde se destacam: as Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA), subdivididas nas subunidades: IIB, IIIA e IVC1, IVC2; os Morros e Colinas - MC, as Estruturas Dobradas – ED e as Zonas de Erosão Recuante – ZER (Figura 3).

Figura 3: Mapa geomorfológico das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.



Fonte: O Autor.

As SRA são amplas, suavizadas e estáveis, conhecidas como Chapadas, o que favorece um bom desenvolvimento dos solos e consequentemente usos agropecuários. A IIB se desenvolve sobre rochas sedimentares na porção sul da área com altitudes entre 760 e 860 metros, cobrindo 1.048 km² da área que corresponde a 8,69%; a IIIA se desenvolve sobre rochas do embasamento cristalino na porção nordeste da área, com altitudes entre 460 e 560 metros, fazendo contato com unidades de Morros e Colinas e cobre uma área de 396,88 km² que corresponde a 3,29% da área de pesquisa; a VIC1 corresponde a 4.871 Km² representando 40,33% do total da área com altitudes entre 360 a 660 m. Apresenta morfologia mais acidentada e se desenvolveu sobre rochas das Formações Ponta Grossa e Furnas da Bacia Sedimentar do Paraná, areníticas, situadas nas porções norte e central, por ortognaisses do embasamento, com altitudes entre 360 e 460 m. A VIC2 corresponde a 1.315 km² representando 10,89% do total da área. Está associada às planícies fluviais dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, na porção norte-noroeste das bacias, com altitudes entre 260 e 360 m e declives de 0 a 3%. A SRAIVC-2 foi subdividida em A e B. A SRAIVC2_A, cobre 510,31 km² representando 4,23% da área apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2, com declives de 3 a 8%, e é sustentada pelas rochas da Formação Furnas. A SRAIVC2_B apresenta maior dissecação em relação a SRAIVC2_A e se associa as Coberturas Detrítico-lateríticas cobrindo pouco mais 413 km² da área. Tanto a SRAIVC2_A quanto a SRAIVC2_B são contornadas pela SRAIVC1 e apresentam altitudes entre 260 a 360 metros.

Os Morros e Colinas somam 1.161,88 km², representando 9,62% e ocorre nas porções nordeste, central e oeste da bacia, sendo sustentadas por remanescentes de litologias mais resistentes à erosão, como os ortognaisses e os granitóides, testemunhas das antigas superfícies regionais de aplainamento à medida que estas evoluíram. Apresentam altitudes entre 660 a 760 m.

Nessa mesma categoria, porem de Estruturas Dobradas têm-se os morros e as colinas que se relacionam à tectônica de dobramentos pré-cambrianos, representados pelos domos e *hogbacks*. As cristas da Serra Dourada, por exemplo, que se desenvolveram sobre as rochas do Grupo Serra Dourada, se caracterizam como um sistema de *hogbacks*. Cobrem 520,59 km² e representam 4,31 % da área.

As ZER são caracterizadas como grandes reentrâncias que marcam a erosão das superfícies de aplainamento antigas a partir de um nível de base local, associado à rede de drenagem, representam 10,71% do total da área, desenvolvidos na porção sul sobre rochas sedimentares. À medida que a ZER evolui, surge uma paisagem de morros e colinas residuais. Por fim, a Planície Fluvial e a Faixa Aluvial juntas cobrem pouco mais de 157 km² e representam apenas 3,22% da área com altitudes de 260 a 360 metros.

As classes de solos de maior representatividade na área são os Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos distróficos que ocorrem nos relevos planos a suave ondulados das SRAIVC1 e 2, situados a norte da área de pesquisa, relacionados aos Sedimentos Detrítico-lateríticos Terço-Quaternários que recobrem essas superfícies que juntos correspondem a 35,40% da área; os Neossolos Quartzarênicos álicos que ocorrem nas áreas com relevos suaves e ondulados da SRAIIB e ZER, situados ao sul da área, associados ao substrato arenítico da Formação Aquidauana, respondendo por 12,06% da área; os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos que ocorrem nas porções centro-leste e centro-oeste da área, associados ao substrato da Faixa Brasília e a relevos mais acidentados da SRAIVC1, ZER e MC, sendo responsáveis por 30,62.% do total da área. Os Cambissolos eutróficos e distróficos se localizam nas porções leste, centro-norte e sul nos relevos SRAIVC1 e ZER, sustentados também, por litologias da Faixa Brasília, cobrindo 11,50% da área. Os Neossolos Litólicos distróficos ocorrem nas áreas com relevo movimentado, em situações escarpadas nas porções centro-norte e leste da área, nos relevos de estruturas dobradas, morros e colinas - HB_ED_MC, como na Serra de Santa Marta, cobrindo apenas 9,65% da área total da bacia; e por fim os Gleissolos Melânicos distróficos que ocorrem nos fundos dos vales e planícies dos rios Araguaia, Claro e dos Bois, nos relevos das SRAIVC1 e SRAIVC-2, correspondentes a 3,3% da bacia.

Metodologia

O trabalho obedeceu cinco etapas, cada uma seguindo metodologias diversas, a saber:

1ª) Elaboração do mapa de ocorrências erosivas - através de interpretação visual, na tela do computador, com base nas imagens de alta resolução disponibilizadas na *Google Earth*, para identificação e quantificação das feições erosivas hídricas lineares para a confecção do mapa de pontos. As características foram a presença de incisões no relevo seccionando os terrenos e expondo materiais com cores contrastadas com o entorno, em geral mais claras. Não foi possível distinguir os tipos funcionais de ocorrências erosivas (ravinas ou voçorocas);

2ª) Classificação dos canais de drenagem - a partir da rede de drenagem na escala 1:100.000, realizada através da hierarquização dos canais de drenagem segundo o método proposto por Sthraller (1952), que estabelece a ordem hierárquica dos canais fluviais, onde as nascentes ou fontes são de 1ª ordem, a confluência deste com outros canais são de 2ª ordem que reunidos a outros de segunda ordem constituem os canais de 3ª e assim sucessivamente.

3ª) Delimitação dos compartimentos morfopedológicos que seguiu a metodologia proposta adaptada por Castro e Salomão (2000), cruzando-se os dados da geologia, geomorfologia e pedologia, por aproximações sucessivas, para se obter a delimitação dos referidos compartimentos morfopedológicos, entendidos como áreas com padrões fisionográficos contínuos;

4ª) Elaboração do mapa de cobertura e uso das terras - Para o mapeamento dos diversos tipos de uso das terras da área estudada, na escala 1:100.000, foi realizada a segmentação e classificação das imagens (Blaschke & Kux 2005; Crósta 1993; Earthal et al. 1991). Os erros de classificação foram corrigidos em edição vetorial e interpretação visual no ARCGIS 9.4 onde foram finalizados os mapas. A classificação do uso da terra foi feita identificando as classes a partir da interpretação das imagens coloridas, e seguiu a proposta metodológica utilizada por Santos et al. (1981) que consiste em identificar as classes espectrais na imagem em função dos diferentes critérios de interpretação relacionados com a tonalidade, a textura e a forma geométrica. A vegetação natural que ainda ocorre na área da bacia foi classificada segundo a proposta de Ribeiro & Walter (1998).

5ª) Cruzamento do mapa de compartimentos morfopedológicos com os mapas de focos erosivos e de cobertura e uso das terras.

De posse de todas as informações dos cruzamentos procedeu-se à tabulação das informações geradas pelos cruzamentos e à interpretação final quanto às relações entre focos erosivos, seus condicionantes. A partir disso identificou-se as áreas críticas quanto à concentração de focos erosivos.

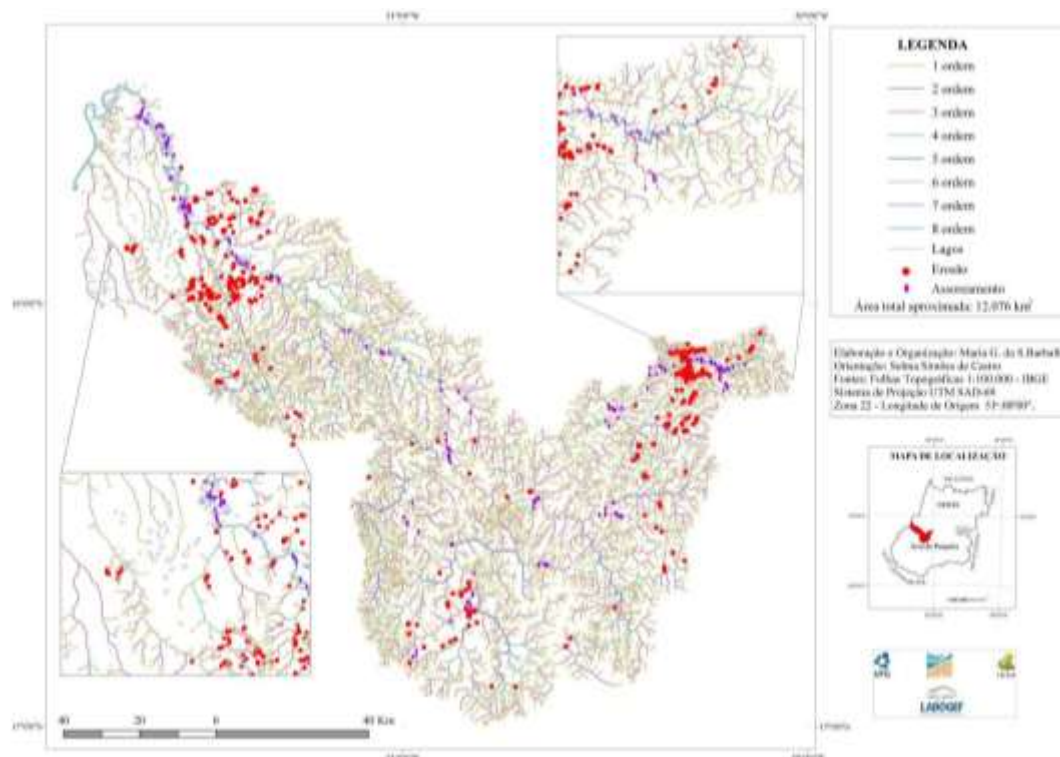
Resultados e Discussão

O mapeamento das feições erosivas possibilitou identificar 395 focos erosivos de médio a grande porte (de algumas dezenas a centenas de metros de extensão). Pode-se observar no mapa da rede de hidrográfica e focos erosivos (Figura 4) que estes estão distribuídos praticamente por toda a bacia, no entanto, concentram-se mais nas porções noroeste e nordeste da área e secundariamente, na porção sudoeste.

Ainda na Figura 4, verifica-se que a maioria dos focos erosivos está conectada aos canais de drenagem de 1ª e 2ª ordem, ou seja em nascentes, lembrando que estas obedecem aos lineamentos litoestruturais dominantes nas direções NE-SW e NW-SE, o que permite deduzir que os focos erosivos situam-se, em pontos hidrogeologicamente sensíveis, sobretudo quando

desmatados, fato que também foi verificado na alta bacia do rio Araguaia nos trabalhos de Castro (2005); Castro et al. (2004); Barbalho (2002), dentre outros.

Figura 4: Mapa da rede de drenagem e de focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.



Fonte: O Autor.

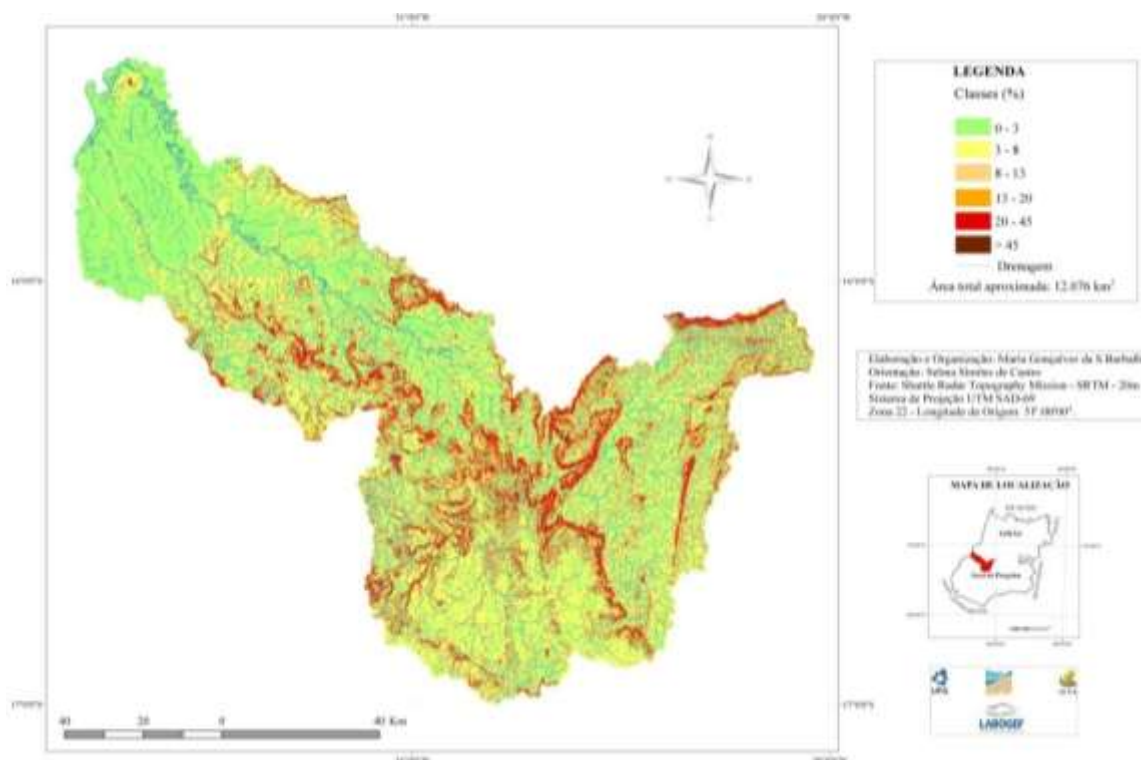
Com relação à declividade (Figura 5) verifica-se que mais de 80% dos focos erosivos localizam-se em áreas com relevo plano ou quase plano, o que não corresponde às áreas indicadas como normalmente suscetíveis (Salomão 1999). Sua ocorrência nessas áreas estaria relacionada à concentração de fluxos em função das rampas longas e embaciados desmatados, que constituem zonas preferenciais, aliadas ao manejo inadequado dos solos como já observado no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (Marinho et al. 2006; Castro 2005). As áreas com declive moderadamente ondulado a forte respondem por 19,49% do total de dos focos erosivos (Tabela 1).

Tabela 1: Relação das classes de declividade e dos focos erosivos.

<i>Declividade (%)</i>	<i>Número de focos erosivos</i>	<i>(%)</i>
Plano (0-3)	146	36,96
Suave ondulado (3-8)	171	43,29
Moderadamente ondulado (8-13)	61	15,44
Ondulado (13-20)	16	4,05
Forte ondulado (20-45)	1	0,25
>45	-	-
Total	395	100,00

Fonte: O Autor.

Figura 5: Mapa de declividade das bacias dos rios Claro e dos Bois.



Fonte: O Autor.

A Tabela 2 apresenta a distribuição de focos erosivos por classe de solo.

Tabela 2: Relação entre as classes de solos e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois.

<i>Classe de solos</i>	<i>Número de focos erosivos</i>	<i>(%)</i>
Latossolo Vermelho-Amarelo	88	22,28
Latossolo Vermelho	5	1,27
Latossolo Vermelho distroférico	47	11,90
Cambissolo	119	30,13
Nitossolo	8	2,03
Argissolo	65	16,46
Neossolo Quartzarênico	30	7,59
Neossolo Litólico	23	5,82
Gleissolo	10	2,53
Total	395	100,00

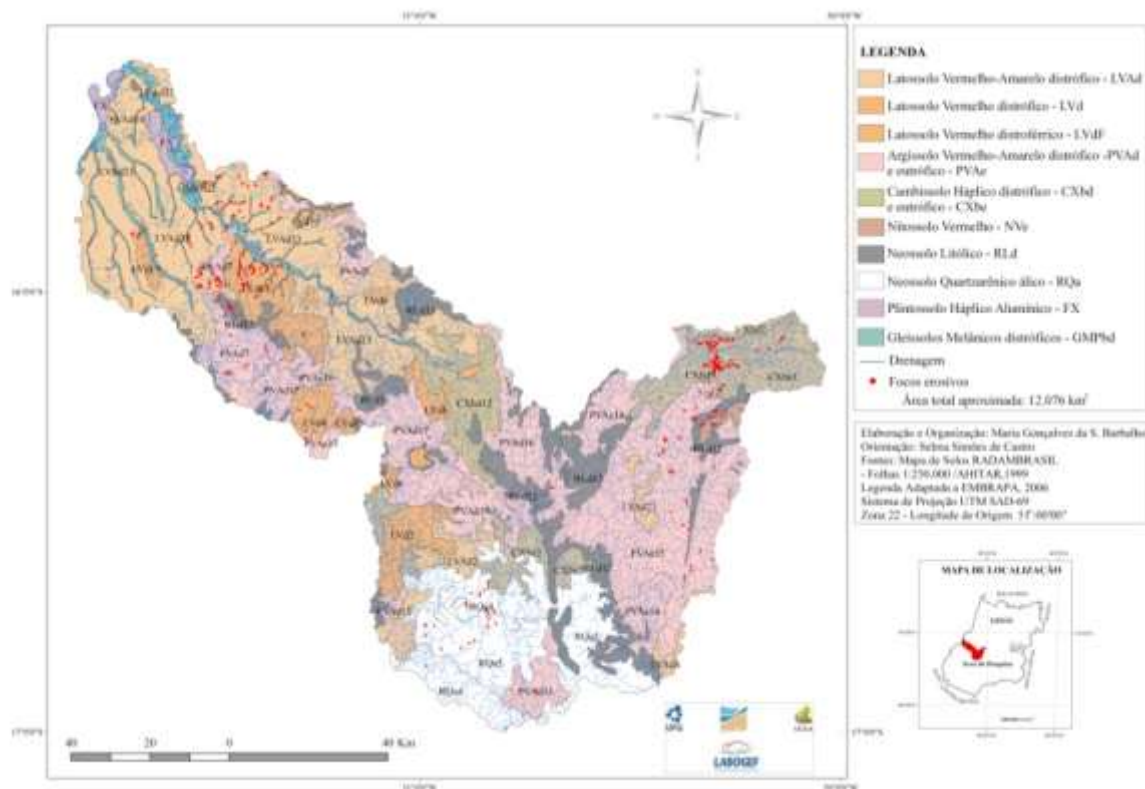
Fonte: O Autor.

Pela Tabela 2 verifica-se que cerca de 35% dos focos erosivos ocorrem em áreas com coberturas de Latossolos, os quais geralmente possuem baixa suscetibilidade erosiva linear (ravinas e voçorocas) dada sua baixa erodibilidade (Salomão 1999) e não apresentam restrições ao uso, porém pode sofrer compactação e induzir a processos de ravinamentos e voçorocamentos se aliados também a caminhos e trilhas. Seguem-se: os Cambissolos, com 30% do total dos focos erosivos, que apresentam restrições ao uso intensivo e costumam ser suscetíveis à erosão linear; os Argissolos

que concentram mais de 16% do total dos focos erosivos, são muitos suscetíveis a ravinas e voçorocas, e em geral situam-se em terrenos com declividades moderadas, ao redor de 15%, favorecendo a concentração das águas de escoamento superficial; além disso, apresentam alto gradiente textural entre os horizontes A, E e BE do perfil. Por fim, os Neossolos Quartzarênicos, que apresentam alta suscetibilidade à erosão, dada a sua textura arenosa e baixa coesão de partículas, conferindo-lhe elevada erodibilidade, porém respondem a apenas por pouco mais de 7% do total dos focos erosivos na área. Os Neossolos Litólicos acompanham essa mesma magnitude, pois apresentam quase 6% do total dos focos embora também apresentem alta suscetibilidade à erosão. Finalmente, os Gleissolos e Nitossolos que apresentam baixa suscetibilidade erosiva, e juntos representam pouco mais de 4% do total de focos

Em síntese, mais de 82% dos focos erosivos concentram-se em três classes de solos (Latosolos, Cambissolos e Argissolos), sendo que estas duas últimas respondem por quase 50% desse total, refletindo o esperado, já que naturalmente são suscetíveis. O que surpreende são os Latossolos, que no caso são os Vermelho-Amarelo (Figura 6)

Figura 6: Mapa de solos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.



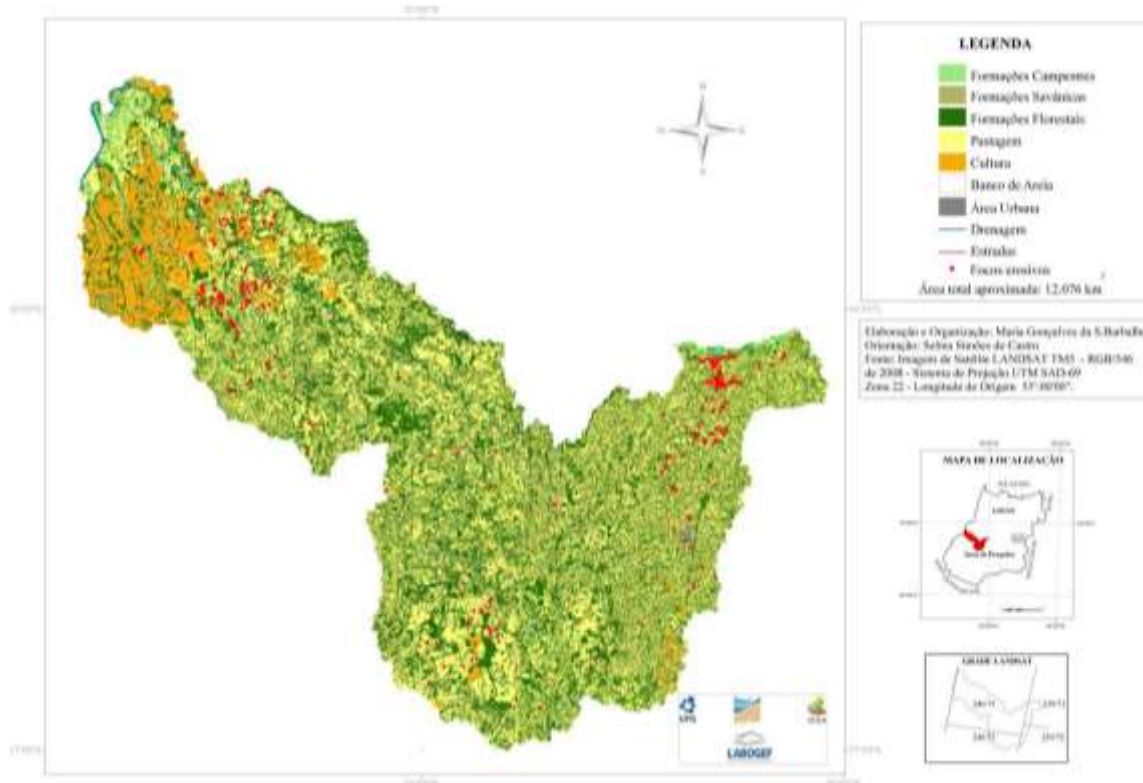
Fonte: O Autor.

Vários autores discutem essa questão relativa aos Latossolos Vermelho - Amarelo, atribuindo-lhes suscetibilidade maior a processos erosivos, dada sua maior erodibilidade em relação

aos demais Latossolos, fato relacionado à dispersão de argila e baixa estabilidade dos agregados (Augustin & Aranha 2006; Salomão 1999; Oliveira1994).

A Figura 7 mostra o mapa de uso e cobertura da terra e os focos erosivos e a Tabela 3 sintetiza a distribuição.

Figura 7: Mapa de uso e cobertura da terra das bacias dos rios.



Fonte: O Autor.

Tabela 3: Relação entre as das classes de uso da terra e os focos erosivos nas bacias dos rios Claro e dos Bois.

<i>Classes</i>	<i>Área</i>		<i>Focos erosivos</i>	
	<i>(Km²)</i>	<i>(%)</i>	<i>Número</i>	<i>(%)</i>
Formações Campestres	192,38	1,59	3	0,77
Formações Savânicas	1.417,04	11,73	30	7,67
Formações Florestais	4.540,85	37,60	90	23,02
Pastagem	4.830,63	40,00	238	60,87
Cultura	982,5	8,14	30	7,67
Corpos d'água	77,16	0,64	-	-
Banco de areia	1,71	0,01	-	-
Estrada	20,77	0,17	-	-
Área urbana	13,95	0,12	-	-
Total	12.076,99	100,00	395	100,00

Fonte: O Autor.

A análise dos dados de intersecção entre o mapa de uso e cobertura da terra e focos erosivos (Tabela 3) permite constatar que quase a metade da área encontra-se ainda com coberturas de fitofisionomias originais do Cerrado. Mas, pode-se perceber que as Formações Florestais respondem por 23% do total das erosões, o que é também surpreendente, e justamente onde não se encontra solos e relevo suscetíveis. Cabe ressaltar que a ocorrência de nascentes e cabeceiras de drenagem nessas áreas as tornam setores hidrogeologicamente sensíveis, embora, quando não desmatados não costumem desenvolver esses processos. Todavia, quando desmatadas podem conduzir à reativação de cabeceira de drenagem através de reajustes hidrológicos pós-desmatamentos, ou ainda por mudanças no nível de base ligadas a represamentos ou movimentos tectônicos de ascensão (Oliveira 1994; Oliveira & Queiroz Neto 1994). Há que se considerar também o desmatamento seletivo que nem sempre aparece nas imagens orbitais, ou ainda a invasão de gado, criando trilheiros e retirando plantas mais baixas do extrato graminoso, altamente protetoras.

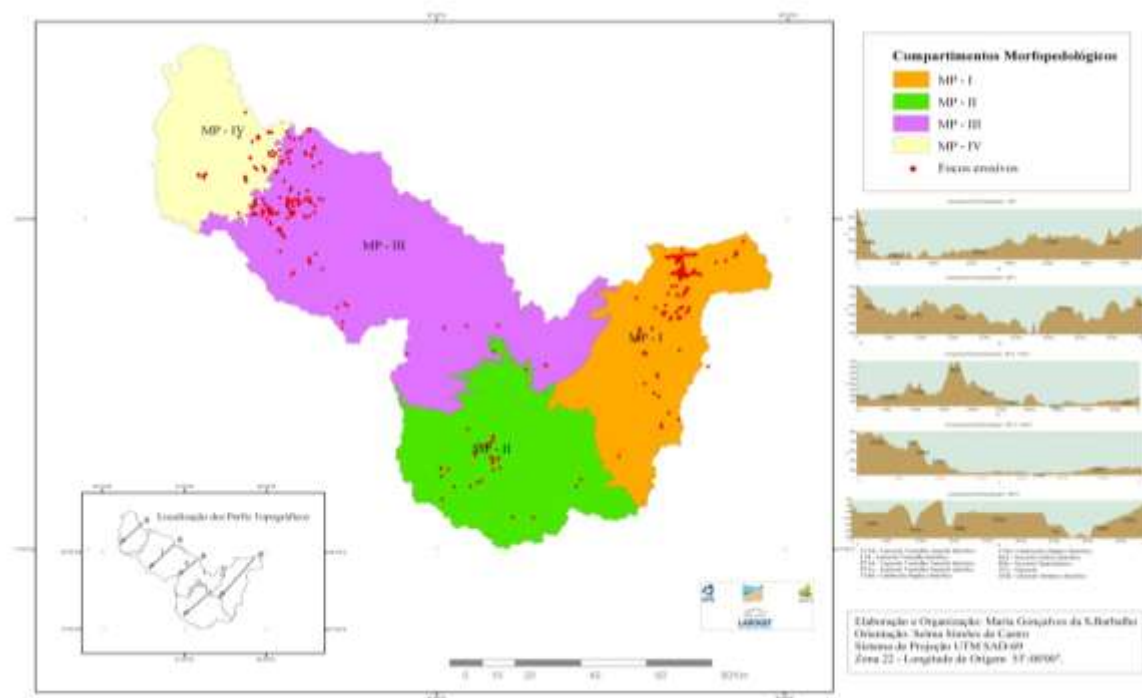
Ainda com base na Tabela 3, verifica-se que mais de 60% do total das erosões ocorrem em áreas de pastagem, uso dominante na área.

Nesse sentido, dentre os fatores que podem estar contribuindo para o surgimento dos focos erosivos nessas áreas destaca-se o manejo inadequado da atividade pecuária, como os caminhos e trilhas de gado, cerca de divisas, piquetes ou parcelas e as deficiências nutricionais (presença predominante de solos distróficos e álicos) que potencializam o surgimento de áreas descobertas em que se acentuam as perdas de solo por erosão. Essa situação também foi constatada no setor sul da alta bacia do rio Araguaia como um todo (Castro 2005). Cabe ressaltar que as pastagens quando não degradadas promovem a ciclagem de nutrientes, a captura de carbono da atmosfera, bem como a redução dos processos erosivos e do assoreamento dos canais de drenagem, lagos, fundos de vales, entre outros (Cerri et al. 2010).

A compartimentação morfopedológica permitiu a delimitação de 4 (quatro) compartimentos (MP I a IV) na área (Figura 8), onde também pode ser observada a distribuição das classes de solos nos referidos compartimentos através dos perfis topográficos.

De maneira geral, a distribuição dos solos das bacias dos rios Claro e dos Bois apresenta uma sucessão lateral que varia dos Neossolos Litólicos nas zonas mais íngremes e escarpadas, dos Argissolos-Cambissolos nas zonas com relevos ondulados e os Gleissolos na planície aluvial. Os Latossolos associam-se as áreas com declives suaves, topos regulares e contínuos das superfícies regionais de aplainamento.

Figura 8: Mapa de compartimentos morfopedológicos(MP) com os focos erosivos das bacias dos rios Claro e dos Bois - GO.



Fonte: O Autor.

A análise dos dados de intersecção entre o mapa de Compartimentos Morfopedológicos e o dos focos erosivos permite constatar que o MP-1 no sudeste da área, apresenta o quadro mais grave, por concentrar o maior número de focos com 42,78% do total, seguidos do MP III na porção centro-oeste com 37,22%, do MP IV e do MP II, respectivamente com 11,14% e 8,86% dos focos que se localizam nas porções sul e noroeste da área (Figura 8). Na tabela 4 tem-se as características predominantes dos compartimentos morfopedológicos delimitados.

Tabela 4: Síntese dos compartimentos morfopedológicos

<i>Compartimentos Morfopedológicos</i> <i>Características Predominantes</i>		<i>MP - I</i>	<i>MP - II</i>	<i>MP - III</i>	<i>MP - IV</i>
<i>Sistemas Pedológicos</i> <i>(Prováveis)</i>		RLd-CXbe- PVAe	RLd-CXbd- RQa	RLd-CXbd- PVAAd-LVAd	LVAd-NVe- GMPbd
<i>Área</i>	<i>Km²</i>	2.580,33	2.818,94	5.025,60	1.652,12
	<i>(%)</i>	21,36	23,34	41,61	13,67
<i>Focos Erosivos</i>	<i>Número</i>	169	35	147	44
	<i>(%)</i>	42,78	8,86	37,22	11,14
<i>Pedologia</i>	<i>Classes*</i>	PVAe: 64,22% CX: 22,44% RLd: 5,42% LV: 3,42%	RQa: 51,50% LVAd: 8,20% RLd: 12,84% CX: 9,14%	LVAd: 25,87% LV: 8,49% LVd: 8,18% PVAAd: 33,23% CX: 9,32% RLd: 13,06%	LVAd: 2,88% GM: 17,21% NVe: 7,35%
<i>Geologia</i>	<i>Unidades Litoestratigráficas</i>	Arco Magmático de Goiás: 97,24%	Arco Magmático de Goiás: 29,65% Bacia do Paraná: 69%	Arco Magmático de Goiás: 55,74% Bacia do Paraná: 8,88%	Formações Superficiais 73,54% Bacia do Paraná: 6,46%

Geomorfologia	Relevo**	SRAIII: 15,38% SRAIVC: 62,31% MC: 7,57%	SRAIIB: 7,21% SRAIVC1: 9,54 % ZER: 45,74%	SRAIVC1: 60,22% SRAIVC-A: 10,18% MC: 12,55%	SRAIVC2: 80,09% PF: 12,37%
	Declividade***	P: 36,58%; SO: 50,25% MO: 8,40%	P: 28,96% SO: 51,85% MO: 12,18 % MFO: 6,73%	P: 40,34 % SO: 42,71% MO: 9,85 %	P: 89,52% SO: 10,27%
Uso Predominante		Vegetação Natural: 56,18% Pastagem: 41,94%	Vegetação Natural: 57,55% Pastagem: 41,61%	Vegetação Natural: 52,00% Pastagem: 44,57%	Vegetação Natural: 29,93% Pastagem: 21,16% Cultura: 45,99

*Argissolo (PVA); Cambissolo (CX); Neossolo Litólico (RLd); Neossolo Quartzarênico (RQa); Latossolo Vermelho (LV); Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA); Nitossolo (NVe); Gleissolo (GM).

**Superfície Regional de Aplanamento (IIB; III; IVC); Zonas de Erosão Recuante (ZER); Morros e Colinas (MC); Planície Fluvial (PF).

***Plano (P); Suave Ondulado (SO); Moderadamente Ondulado (MO); Muito Forte Ondulado (MFO); Montanhoso (M).

Fonte: O Autor.

A análise da tabela 4 permite constatar que os compartimentos que concentram maior número de focos erosivos apresentam predominância de relevos aplainados, logo não seriam favoráveis ao processo erosivo. No entanto, apresentam ocorrência de Argissolos, reconhecidamente erodíveis dado seu horizonte superficial arenoso (Salomão 1999) e uso predominante com pastagens o que sugere que a causa do problema pode estar no manejo inadequado dos pastos e do gado em solos suscetíveis como confirmado em campo.

Conclusões

Identificou-se quatro compartimentos morfopedológicos (MP I a IV) na bacia do rio Claro e dos Bois, alta bacia do rio Araguaia, estado de Goiás, e 295 focos erosivos hídricos lineares de médio a grande porte, que se concentram a noroeste, sudeste e sudoeste da área. O MP I a sudeste, onde dominam os Argissolos seguidos dos Cambissolos, e o MP III a noroeste, onde dominam os Latossolos seguidos dos Argissolos, somam juntos mais de 70% do total de focos erosivos mapeados.

Os Argissolos são reconhecidos como erodíveis, mas surpreende o fato dos Latossolos. Contudo, são predominantemente Latossolos Vermelho Amarelos, que costumam ser os mais erodíveis dos Latossolos (SALOMÃO 1999), devido elevados teores de argila dispersa e baixa estabilidade de agregados. Os demais solos de maior erodibilidade não apresentaram concentração notável de focos mas se encontram com cobertura natural. Por outro lado, o predomínio de relevo aplainado não favoreceria a erosão hídrica, no entanto, o uso com pastagens

mostrou-se como o que concentra maior número de focos nos MP, o que denuncia um provável manejo inadequado.

A utilização das imagens de alta resolução mostrou-se uma ferramenta eficaz na identificação das feições erosivas lineares e o procedimento de compartimentação morfoedológica e de sua correlação espacial com os focos, os solos e a cobertura e uso das terras foi bastante satisfatório na identificação dos mais críticos e da causa da degradação erosiva.

Referencias

- Barbalho MGS et al. Caracterização Geo-Ambiental: uso e ocupação das terras - região do alto curso do rio Araguaia-GO/MT. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Recife, Nov., 2001.
- Barbalho MGS, Campos AB. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas na zona da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Anais... Goiânia, 2001.
- Barbalho MGS, Castro SS. Morfoedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT/MS). IV Simpósio Nacional De Geomorfologia. Anais... São Luís, Nov., 2002.
- Bayer M. Características do fluxo de sedimento em suspensão no Alto e Médio Araguaia. Goiânia (Tese De Doutorado, Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás), 2010.
- Blaschke T, Kux H. Sensoriamento remoto e Sig: Novos sistemas sensores: métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- Castro SS et al. Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Goiânia: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, 2004a.
- Castro SS et al. Plano de controle de erosão linear nas nascentes dos rios Araguaia e Araguainha, 2004b.
- Castro SS, Queiroz Neto JP. Soil Erosion in Brazil, from coffee to the present-day soy bean production. In: J. F. Shroder (Editor Chefe); Latrubesse, E. (Org.). Elsevier Book of South America. Holanda: Elsevier, 2009, V. 32, P.195-221.
- Castro SS. Diagnóstico e prognóstico para controle de erosões rurais e urbanas nos estados de Mato Grosso e Goiás. Relatório Final. Fapesp, Campinas, (2002b).
- Castro SS. Diagnóstico, prognóstico e controle de erosões rurais e urbanas nos estados de Mato Grosso e Goiás. Relatório Final. CNPQ/PCOPG, (2002a).
- Castro SS. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 2005.
- Christofolletti A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1981.
- Cunha AS. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados. Ipea, Brasília, 1994.
- De-Campos AB et al. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no estado de Goiás. In: Almeida, M. G. (Org.). Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: UFG, 2002, P. 91-118.

De-Campos AB et al. Geological and topographic indicators of the gully erosion at the Upper Araguaia River Basin, Brazil. In: International Symposium on Gully Erosion Under Global Change, 2000, Leuven. Book of abstracts, 2000. P. 1-149.

Donald S. 1983. Ocupación y desocupación de la frontera agrícola en el Brasil; un ensayo de interpretación estructural y espacial. In: Cepal/Pnuma (Org.), Expansión de la frontera agrícola y medio ambiente en América Latina. Madrid, Naciones Unidas/Cifca.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 2ª Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

Faria KMS, Castro SS. Uso da terra e sua relação com os remanescentes do cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). Associação de Geografia Teorética. Rio Claro. 2007.

Faria KMS. Caracterização dos remanescentes de Cerrado e suas relações com o uso e ocupação das terras na alta bacia do rio Araguaia. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2006.

Ferreira ME et al. Cobertura vegetal remanescente em Goiás: distribuição, viabilidade ecológica e monitoramento. In: Ferreira LG. (Org.). a encruzilhada socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado. Goiânia, Editora UFG, P. 169-186, 2008.

Gomes H, Teixeira Neto A. Geografia de Goiás/Tocantins. Centro editorial e gráfico. Goiânia, UFG, 1993.

Kageyama A et al. O Novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: Delgado G, Gasques JG, Villa Verde CM. Agricultura e políticas públicas. Brasília: IPEA, 1990, P.113-223.

Klink CA, Machado RB. Conservation of the Brazilian cerrado. Conservation Biology, V. 19 (3): 707-713, 2005.

Latrubesse ME, Carvalho MT. Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal. Secretaria da Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006.

Machado RB et al. Estimativas de perda de área do cerrado brasileiro. Relatório Técnico. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2008.

Marinho GV et al. Hydrology and gully processes In the upper Araguaia river basin, Central Brazil. Zeitschrift Fur Geomorphologie. Supplementband, 2006.

Marinho GV, Castro SS. Caracterização físico-hídrica e de suscetibilidade s voçorocamento dos solos da sub-bacia do córrego Queixada na alta bacia do Rio Araguaia. In: X SBGFA, 2003, Rio De Janeiro.

Martins MS. Substrato geológico e suas relações com os processos erosivos Lineares na alta bacia do rio Araguaia. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2000.

Miller KR. Em busca de um novo equilíbrio: diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio de manejo biorregional. Brasília: Ibama, 1997.

Ministério da Agricultura. II PND. Setor de Agricultura. 1975/1979, MA/Suplan, 1975.

Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos - Relatório Final - Caderno Regional da Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia. Brasília - DF, 2006.

Miziara F, Ferreira NC. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no estado de Goiás: Subsídios a política ambiental. In: Ferreira LG. (Org.). A encruzilhada

socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado. Goiânia, Editora UFG, p. 107-126, 2008.

Morais RP. A Planície Aluvial do Médio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais. Tese de doutoramento. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

Muller CC. 1992 Dinâmica, condicionantes e impactos ambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil, *Revista de Administração Pública*, Jul.; Set., 26 (3): 64-87.

Novaes Pinto M. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª Ed. Brasília: Ed. UnB, 1993.

Oliveira VCV, Castro SS. Compartimentação morfoedológica, sistemas edológicos e erosão laminar: Algumas considerações sobre o setor sul da alta bacia do rio Araguaia-GO/MT. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Anais... Goiânia - Goiás, 2006.

Prodecer. Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento do Cerrado. Available from: <[Http://www.Prodecer.Com.Br/Opodecer.Html](http://www.prodecer.com.br/oprodecer.html)> Updated: August 10, 2010.

Ribeiro JF, Walter BMT. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano S. M.; Almeida, S. P. (Eds.). Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina: Embrapa-Cpac. 1998. P. 89-168.

Salomão FXT. 1999. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, T.A.J.; Silva, A.S. & Botelho, R.G. (Organizadores). Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, P. 229-265.

Sano EE. et al. Mapeamento Semidetalhado do Uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.* Jan 2008, Vol.43, Nº1, P.153-156.

Santana MP et al. Chuvas, Erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, 19(2): P. 103-121. Dez., 2007.

Santana MP. Chuva, Erodibilidade, Uso Das Terras E Erosão Hídrica Linear Na Alta Bacia Do Rio Araguaia (Go/Mt). Dissertação De Mestrado. Universidade Federal De Goiás, 2007.

Santos AP et al. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento no uso da terra. São José dos Campos: Inpe, 1981.

Silva RAA, Castro SS. relação entre relevo e arenização no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO-MT-MS). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Anais Do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia - Regional Conference on Geomorphology. Goiânia: Cegraf, Vol. 1, 2006.

Silva RAA. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. Goiânia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Goiás, 2006.

Tricart J. In: *Ecodinâmica*. Rio De Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977.

Veldkamp A et al. (2001). Multi-scale approaches in agronomic research at landscape Level. *Soil and Tillage Res.*, 58: 129-140.

Vergolino JRO et al. Produtos internos brutos dos municípios brasileiros: 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 E 1996. Brasília: Ipea, 2001. 26p.

Villar PMD, Ferreira CM. As dinâmicas de ocupação do espaço e a exploração dos recursos e imposições agrônomicas e ambientais nas áreas sensíveis dos cerrados brasileiros, nos planos ecológico e econômico. Projeto Cirad. Embrapa, 2005.

Maria Gonçalves da Silva Barbalho; Selma Simões de Castro

Xavier LS et al. Linear erosion in the region of the source area of Araguaia river. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 2005.